

抗震设计手册

[美] JAMES L. STRATTA

邱 昕 邹石玲 杜 淳 译

郭春雨等 审校



抗震设计手册

[美] JAMES L. STRATTA

邱 昕 邹石玲 杜 淳 译

郭春雨等 审校

译者的话

我国有20%多的6°以上地震区。根据国家地震局有关单位对地震形势的预报, 预计今后十年内, 地震将呈现普遍的活动, 为了减轻地震所造成的损失, 比较有效的办法是提高新建筑房屋的抗震水准。为此, 我们翻译了美国最新版本的抗震设计手册。该书以大量的震害图幅, 详实的震害分析, 较为全面地阐述了一般民用建筑抗震设计的基本原理和设计方法。我们衷心希望本书能成为从事建筑抗震事业的广大科技人员的实用参考性工具书。

《抗震设计手册》一书终于与读者见面了, 首先感谢给予本书大力支持的王广军等老师。

本书的前言部分和第一、三、九、十一、十三章为邱昕同志翻译, 四、五、六、七章为杜淳同志翻译, 二、八、十、十二、十三章为邹石玲同志译。抗震所郭春雨、郭纲平等同志担任本书的审校工作, 对本书的出版给予了大力的支持和热心的帮助, 对此, 我们表示衷心的感谢! 同时, 我们也感谢那些默默无闻地为本书所做工作的一切热心的同志们。

由于我们水平有限, 书中难免有错谬之处, 希望广大读者批评指正。谢谢!

译者

一九八九·九

前 言

这本书是为了与建筑有关的观测员、学生、设计方案审核者、主管建筑人员、建筑师、工程师及建筑承包商而写的，它描叙了对建筑物如何进行好的工程抗震设计的基本原理。

抗震这一名词就其本身的含义来说，不可理解为“防震”，“防震”是指不管发生多大地震，结构都不会损害。对一般建筑来说，把抗震理解为“防震”，这一概念是错误的，这是因为：

1. 我们知道强烈地震所产生的地震力可能会超过设计规范所允许的范围；

2. 地面滑动会对建筑物造成不可预测的损害；

3. 地震的断层作用和发生地点几乎无法预测，如在加利福尼亚发生的地震断层。

4. 不稳定的地面条件，如液化和滑动等，会产生一些目前无法考虑的现象。

不管上述情况如何，我们都可以设计出各种防震建筑。这样做，只不过要付出巨大的劳动和昂贵的代价，但对极端情况，如装有放射性或其它危险材料的房屋建筑，我们是这样做并且也已经这样做了。不过在本书中，我们将不讨论这类防震结构。

加利福尼亚结构工程师协会在由该协会的地震学委员会编写的题名为《侧向力要求和评论介绍》(Recommended Lateral Force Requirements and Commentary)的小册子，常称为“兰皮书”中，叙述了怎样很好地进行抗震设计，它指出：这里介绍的符合规定和原理的结构设计将能够：

1. 抵抗小的地震而不受损害；（小震不坏）

目 录

前言

第一章 地震破坏

阿 拉 斯 加	1964	.....	( 3)
秘 鲁	1970	.....	( 12)
秘 鲁	1974	.....	( 12)
意 大 利	1976	.....	( 17)
意 大 利	1980	.....	( 17)
菲 律 宾	1968	.....	( 26)
菲 律 宾	1976	.....	( 27)
加利福尼亚	1971	.....	( 32)
加利福尼亚	1979	.....	( 32)
加利福尼亚	1980	.....	( 35)
加利福尼亚	1983	.....	( 36)
加利福尼亚	1984	.....	( 36)
墨 西 哥	1985	.....	( 36)

第二章 地震力的确定

静力学分析	.....	( 53)
动力学分析	.....	( 57)
静力学分析与动力学分析	.....	( 63)

第三章 如何抵抗水平力

剪力传递梁	.....	( 71)
刚度	.....	( 73)
刚度中心和扭转中心	.....	( 78)

第四章 简单建筑物的常规设计
 一层结构..... (92)
 两层结构..... (117)
 费用系数..... (134)
第五章 细部构造
 胶合木板..... (137)
 金属板..... (143)
 石膏板..... (144)
 混凝土隔板..... (146)
 木构架结构..... (147)
第六章 地震区钢筋混凝土框架的延性要求
第七章 现有建筑的加固改建
 无筋砌体结构..... (186)
 构造形式的难点..... (203)
 现有结构的改型..... (206)
第八章 室内设施和非结构构件
 室内设施..... (209)
 非结构构件..... (216)
 建筑物的机械和电气设施..... (228)
第九章 居住房屋
 活动房屋..... (253)
 国外建筑..... (255)
 室内物品..... (259)
**第十章 各种滑坡、垂直加速度、桥梁、累积破坏、
 液化和检查方法**
 滑坡..... (261)
 垂直加速度..... (262)

桥梁..... (267)

累积破坏..... (273)

液化..... (274)

检查方法..... (275)

第十一章 地震中结构实际受到的动力力的来源

表面行波..... (279)

震源..... (285)

能量——楔块理论..... (286)

传播方向..... (288)

峰值加速度..... (289)

两次地震的比较..... (290)

第十二章 跟上艺术形式..... (292)

第十三章 设计单位的选择..... (296)

第一章 地震破坏

人们常说，一幅图片胜过千句话语，但如果你能亲临地震劫后现场，那又胜过千张图片。但是，许多工程师，建筑师或承包商都没有机会亲临地震灾区，所以，一些地震现场的照片也许会说明一些问题。让我们考察一些更加值得注意的地震情况，这都是最近20多年在世界范围内发生的。

在大多数关于地震危害的研究报告中，现场调查的工程师要把地震灾害列一清单并概要说明。通常总是在报告的结束时写上：吸取、再吸取教训 (Lessons Learned and relearned)。下面介绍一下以这些地震中总结出的最常见的和最重要的一些震害教训。许多教训，是在几个地震场地都出现的。

1. 无筋和未锚固的砖砌结构不可 在地震活动地区使用。
2. 无钢筋和未锚固的碎石砌结构或土坯结构 不可在地震活动区域使用。
3. 结构必须能够抵抗地震地面 运动在结构上产生的扭力（或旋转力）。
4. 混凝土结构的延性很重要(第六章将介绍这个问题)。
5. 当采用砼框架来抵抗地震侧向力时，通常在框架内填入刚而脆弱的砖砌体，这样，当脆弱的砖砌墙损坏时会导致砼柱的剪力破坏。我们把这种墙称为填充墙。
6. 结构构件越刚承受的侧向荷载越大。
7. 结构设计师要对结构进行彻底的检查，以确保计划条款和规格要求在最终的建造施工中体现出来。
8. 设计用来抵抗剪力和随后产生的弯曲应力的支柱时，其

柱的骨架网笼外的混凝土应该忽略。

9. 必须考虑土壤在地震活动条件下的性质和特点。

10. 应考虑和分析初震及其后可能发生的余震对结构的积累损坏的作用。

11. 贮存液体的罐在其内部会发生流体的旋转运动。这一旋转运动会造成罐的振动和支撑结构的扭曲。因此，在设计容器内罐和支撑结构时应考虑内部液体的作用。

12. 桥跨有其支座滑落的趋势。因而需加某种约束。

13. 无筋砌体的无支撑女儿墙是特别危险的。

14. 每一次地震，都会有一些小区域的地震强度高于同一次地震的其它区域，这一区域称为震源。

15. 合理设计的建筑在地震中显示了良好的性能。

16. 地震震级或大小与地震破坏强度之间无明显的相关联系。

17. 建筑物间要有一定距离，以防止相互碰撞。

18. 墙与楼板和屋顶隔板要有很好的连接以防止它们在地震中从结构上脱落。

19. 木框架房屋也会受扭力的影响，因此在地基与第一层楼板间必须有适当的垂直隔板支撑。

20. 垂直构件刚度的突然变化，会出现问题（这种刚度的突然变化会在今后的规范中强调）。

21. 除非进行适当的约束，否则活动房屋会从支架上落下。

这些及其它许多相似的经验总是由工程师们在相当大的地震后所总结出来的。不难想象如同本报告结果一样，新的设计思想的规范也将随着强震的发生而产生。

将图片放在这一手册的前面，为的是使读者能够获得地震

所造成损害的生动印象。这里所用的术语可能是一些读者不熟悉的，但是，你可以在阅读此书的过程中，弄清这些术语。我们建议，在阅读完前七章后，你再反过来看一看地震所造成破坏的现场照片。记住一些设计参数，这将使你更容易懂得与设计标准有关的地震破坏型式。

有关上面例举的地震危害的描叙将在图片的说明之后加括号，括号内的数字号指上面给出的编号。例如，^[3]在插图的标题式说明中，则表明扭力是造成破坏的作用。如括号内多于1位数字，则说明是由于几个不同的因素共同作用而造成的破坏。

阿拉斯加 1964

1964年3月27日，震级8.4。发生在阿拉斯加的这次地震是当代有记载的最大的地震之一。（为了比较，我们挑选了1906年在旧金山圣弗朗西斯科发生的地震，强度为8.2）。阿拉斯加州安克雷奇，虽然离震中80多英里，还是受到了相当大的破坏，四季公寓是一座六层楼的综合性建筑，它刚刚建成，还未及住人，就彻底地倒塌了。（包括两个内部现场浇灌混凝土塔楼，屋顶的楼梯和电梯，用来支撑预应力混凝土升板法施工结构）。尽管两座塔楼在设计上完全相同，但其中一个通过地下室被牢固地固定在地基上。另一个仅仅建在几英尺深的地基上。由地面平板围绕。相比之下，前一个塔楼比另一个刚度要大得多，于是，几乎所有的侧向地震都由它来承担。由于没有足够的强度来抵抗全部侧向力，最后导致塔楼和建筑物的倒塌^[6]。其结果请看图1-1至图1-3。

傍山公寓的图片表明，地震是如何作用于建筑中的薄弱环节，并在该处造成损坏。城镇住宅式错层式的“城镇住宅”，有两处薄弱的平面。当建筑的一侧在一层处受到损坏，另一侧则

在二层损坏。如照片显现的，在这两种情况下，损坏发生在一条线上或发生在一个平面上，在该处，结构不能抵抗它所承受的侧向力，注意损坏面的上面和下面，可见到微小的损坏。

（见图1-4到1-7）。

在1200 L大街和麦克金利山两座完全相同的14层公寓大楼，均受到了严重的破坏（见图1-9到1-15）。这是一种罕见的情况，即相同的两个结构受到相同的破坏。如要了解更详细的资料，请看美国钢铁学会的报告^[1]。该报告还介绍了1960年2月29日摩洛哥的阿加迪尔；1963年7月26日南斯拉夫的斯科普里和1967年7月29日委内瑞拉的加拉加斯的地震震害情况。同时还可从英国商务部的报告^[2]中获得更多的有关阿拉斯加的地震资料。

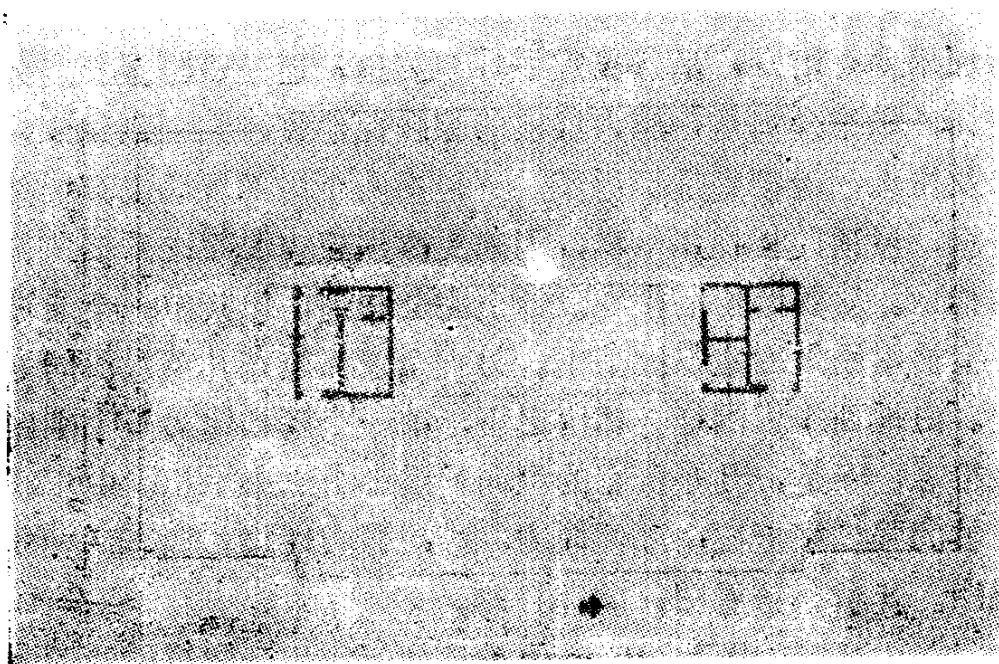


图 1-1 四季公寓平面图



图 1-2 四季公寓倒塌情况[6]



图 1-3 耸立在残骸后面的是玛丽街医院只受到了轻微破坏



图 1-4 傍山公寓的正面和侧面图

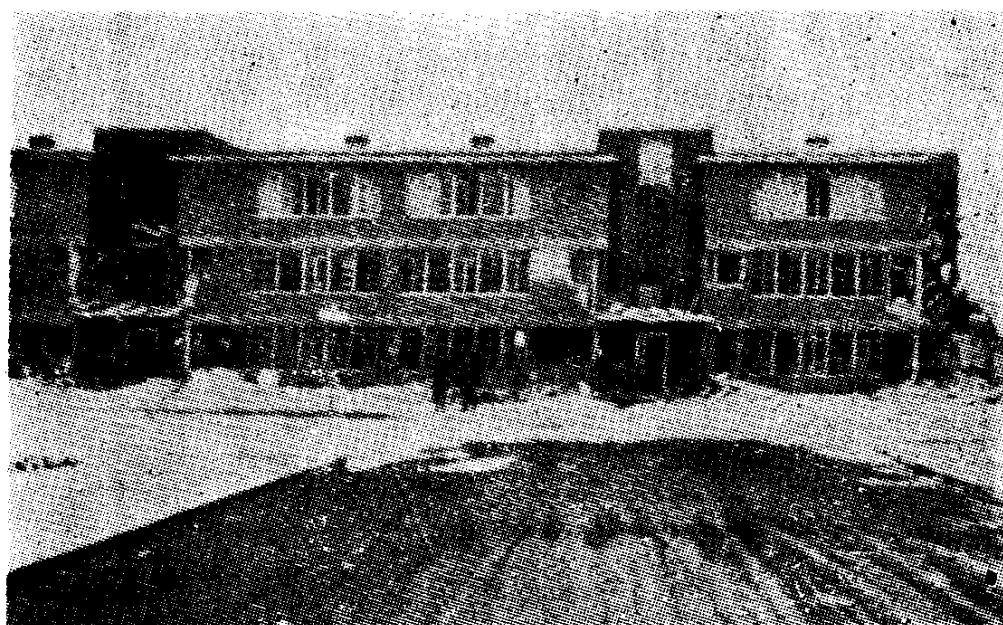


图 1-5 傍山公寓正面图，注意第一层楼受到了严重破坏，第二层受损程度稍轻，而最上一层相对来说没有受到损坏



图 1-6 端面看去后墙中间受到严重破坏，以及墙壁
的第一层和第二层楼的受损情况



图 1-7 后墙主要受损处的中间层，从此起到图1-5均
为(Glen Berg教授摄影)

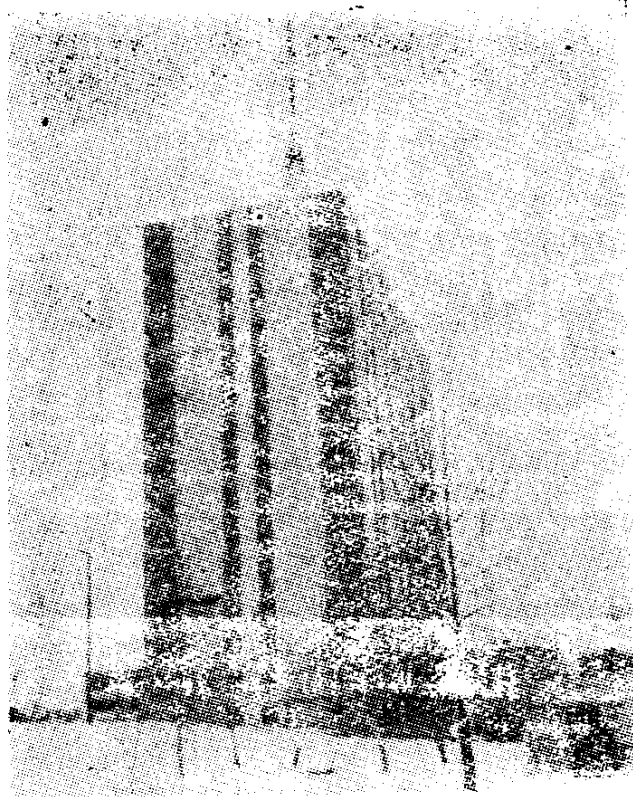


图 1-8 麦克金利山大楼



图 1-9 麦克金利山大楼

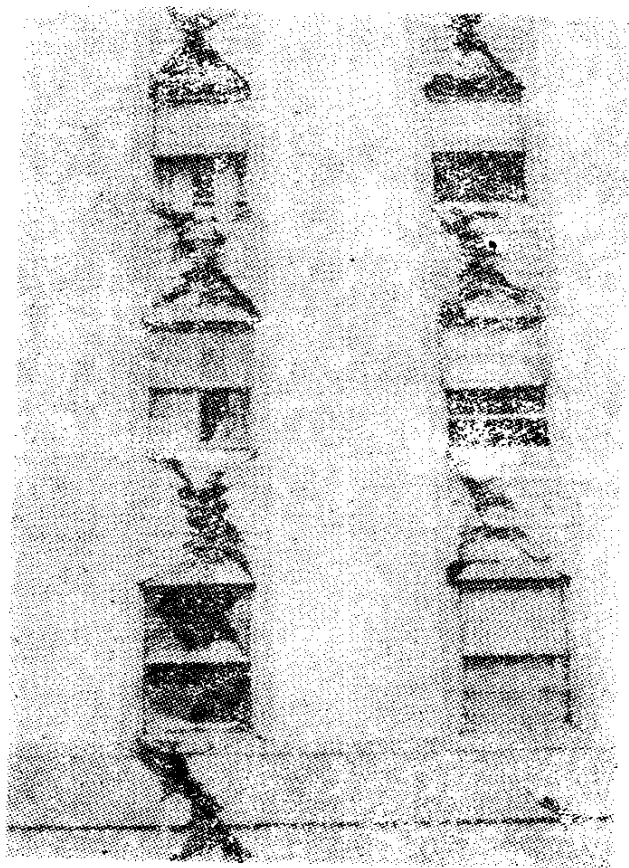


图 1-10 麦克金利山大楼。注意：上下窗空间的裂缝是由于倾覆力所产生的垂向力所致。有时也称作垂向剪力

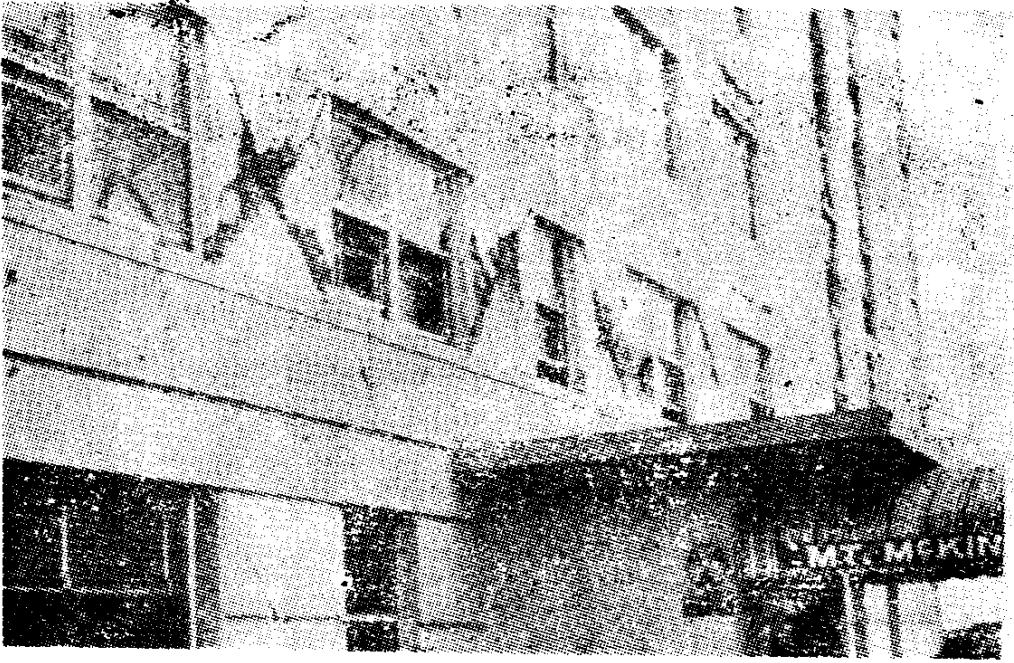


图 1-11 麦克金利山大楼。注意：窗间墙的损坏是由于水平力的作用而造成的

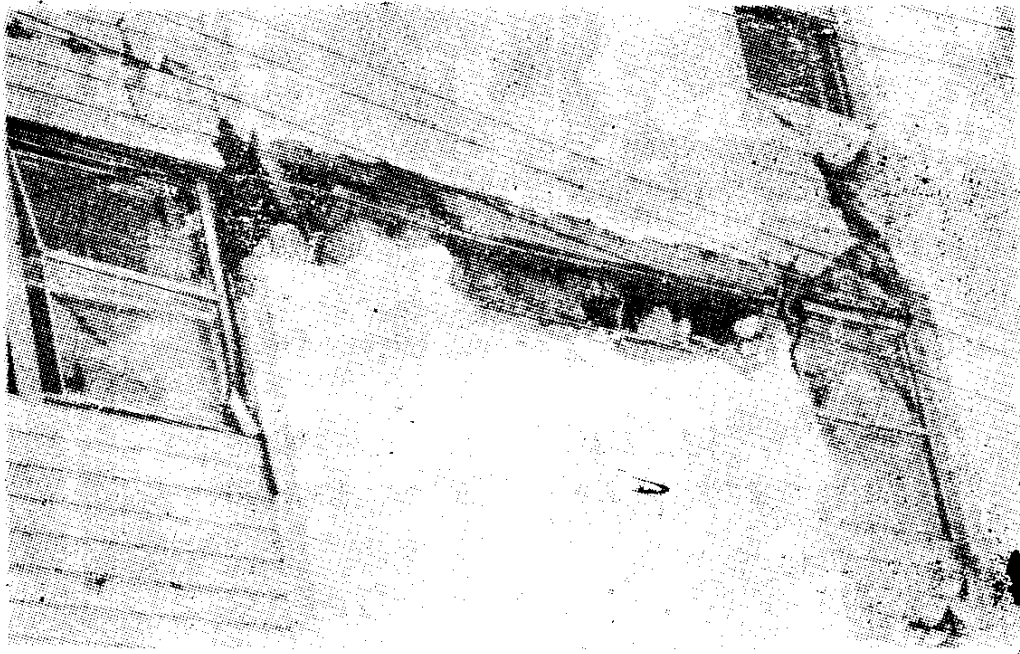


图 1-12 麦克金利山大楼。注意由于水平力引起的墙体破坏情况